

PERENCANAAN PEMILIHAN POMPA DAN SISTEM KONTROL KERJA POMPA UNTUK PENYEDIAAN AIR BERSIH PADA RUMAH TANGGA

Ni Wayan Rasmini¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

¹wayanrasmini@pnb.ac.id

Abstrak: PDAM, sebagai badan usaha milik negara yang dipercaya oleh pemerintah daerah, belum dapat memberi pelayanan air bersih secara optimal terhadap masyarakat, terutama masyarakat pedesaan. Oleh karena itu, masyarakat di daerah pedesaan menggunakan air dari PDAM serta sumur bor untuk mendapatkan air bersih. Peralatan yang diperlukan dalam sistem penyediaan air bersih yang menggunakan sumur bor, diantaranya: tangki penampung air, pompa sumur, pompa pendorong, serta sistem kontrol kerja pompa agar dapat bekerja dengan efektif dan efisien. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, penyediaan air bersih untuk rumah tangga dengan penghuni 5 orang memerlukan tangki penampung air dengan kapasitas 1000 liter, pompa sumur *submersible* dengan daya 0,75 kW, dan pompa pendorong dengan daya 0,3kW (jenis pompa sumur dangkal). Komponen yang diperlukan untuk rangkaian kontrol sistem kerja pompa berupa: 2 unit MCB 20 A dan 16 A; 2 unit *relay magnetic contactor* 10 A serta 2 unit *thermal over load* 6,8-7,1 A dan 1,9-2,0 A.

Kata kunci: Pompa Air, Sistem Kontrol Pompa, Air Bersih, Rumah Tangga.

Abstract: *The PDAM, as a state-owned enterprise trusted by the local government, has not been able to provide optimum water services to the community, especially rural communities. Therefore, people in rural areas use water from PDAM and drilled wells to get clean water. Equipment required in water supply systems using drilling wells, including: water holding tank, well pump, booster pump, and pump control system to work effectively and efficiently. Based on the calculations performed, the provision of clean water for household with 5 people inhabitants requires a water reservoir tank with a capacity of 1000 liters, submersible well pump with a power of 0.75 kW, and a 0.3 kW booster pump (shallow well pump). Components required for control circuit of the pump system are 2 units MCB 20 A and 16A; 2 units of 10 A magnetic contactor relay and 2 units of thermal over load 6.8-7.1 A and 1.9-2.0 A.*

Keywords: *Water Pump, Pump Control System, Clean Water, Household.*

I. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan sehari-hari. Manusia, binatang dan tumbuhan memerlukan air untuk kelangsungan hidupnya. Air dapat pula digunakan sebagai pelarut, pembersih dan keperluan lain seperti rumah tangga, industri maupun keperluan usaha-usaha lainnya.

Sampai saat ini, penyediaan air bersih untuk masyarakat di Indonesia masih dihadapkan pada beberapa permasalahan yang cukup kompleks dan belum dapat diatasi sepenuhnya. Salah satu masalah yang masih dihadapi sampai saat ini yakni masih rendahnya tingkat pelayanan air bersih untuk masyarakat, terutama masyarakat pedesaan [1].

Kebutuhan akan air bersih semakin dirasakan seiring semakin majunya aktifitas manusia yang banyak membutuhkan air untuk keperluan hidup. Sementara itu, air yang tersedia dirasakan semakin berkurang. Selain disebabkan karena sumber-sumber air yang ada telah banyak mengalami pengotoran sebagai akibat dari aktifitas manusia itu sendiri, pengaruh perubahan iklim juga mengakibatkan sirkulasi air tidak sesuai perkiraan manusia sebelumnya.

PDAM sebagai badan usaha milik negara yang dipercaya oleh pemerintah daerah untuk bertanggung jawab terhadap pelayanan umum di bidang air bersih, belum dapat memberi pelayanan secara optimal

terhadap masyarakat, terutama terhadap masyarakat pedesaan. Pada saat musim kemarau, air dari PDAM tidak mengalir, demikian juga pada musim penghujan air mengalir tetapi dalam keadaan keruh/kotor [2]. Oleh karena itu, masyarakat di daerah pedesaan disamping menggunakan air dari PDAM sebagai sumber air bersih, mereka juga menggunakan sumur (sumur bor) untuk mendapatkan air bersih.

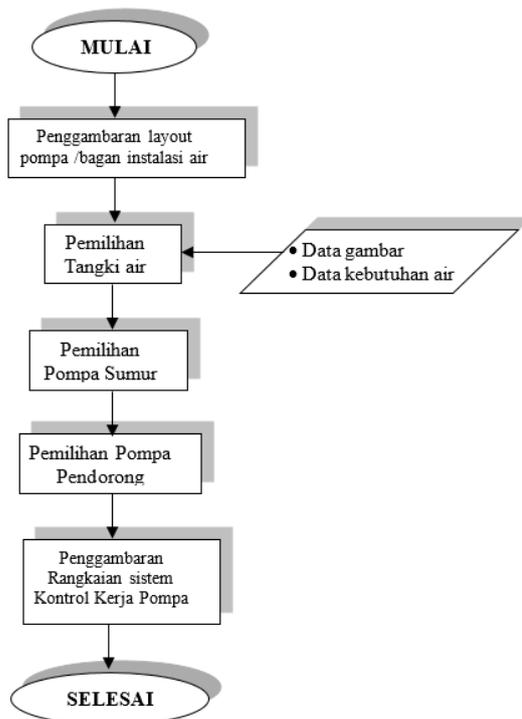
Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/Menkes/SK/XI/2002 tentang persyaratan kesehatan lingkungan kerja, perkantoran dan industri, terdapat pengertian mengenai air bersih yaitu air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak. Air dengan kualitas baik dengan debit yang cukup, dapat diperoleh dari sumur bor dengan kedalaman sekitar 60 meter.

Beberapa peralatan yang diperlukan dalam sistem penyediaan air bersih yang menggunakan sumur sebagai sumber air di antaranya adalah pompa sumur, tangki penampung air, pompa pendorong, serta sistem kontrol kerja pompa agar pompa dapat bekerja dengan efektif dan efisien. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih yang tepat untuk suatu rumah tangga, harus dilakukan perencanaan yang baik dan

benar agar distribusi air dalam rumah berjalan lancar dan efisien.

II. METODE PENELITIAN

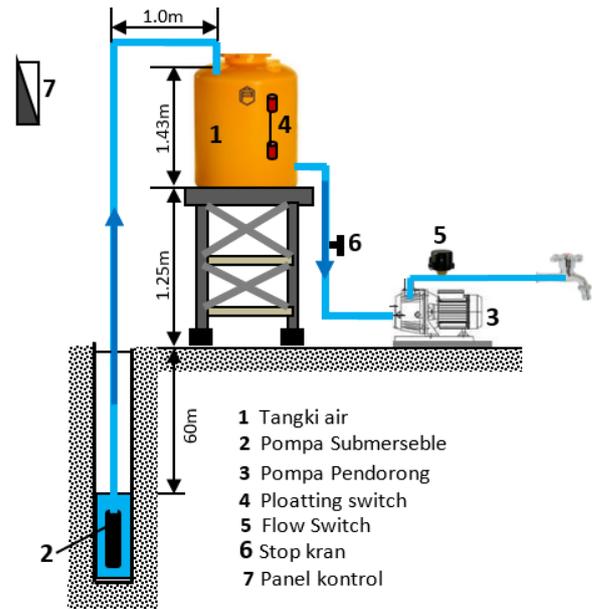
Metode suatu perencanaan adalah tata cara atau urutan kerja suatu perhitungan perencanaan untuk mendapatkan hasil perencanaan sistem penyediaan air bersih untuk rumah tangga [3]. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan perencanaan ini ditunjukkan pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perencanaan pompa

2.1. Layout Pompa Air Bersih

Penetapan tahapan dalam perencanaan penyediaan pompa air bersih untuk rumah tangga ini diawali dengan pembuatan gambar rancangan tata letak pompa/ bagan instalasi air bersih yang terdiri dari tangki air, pompa sumur, pompa dorong serta pipa-pipa yang disertai dengan ukurannya. Gambar tata letak pompa serta peralatan lainnya pada sistem air bersih ditunjukkan pada Gambar 2. Air dari sumur didorong oleh pompa *submersible* kemudian ditampung pada tangki/tond. Karena menggunakan pompa pendorong, maka peletakan tond tidak perlu tinggi, cukup 1,25 m saja. Hal ini dilakukan untuk mempermudah perawatan tond, seperti pembersihan dari debu maupun lumut. Peletakan tond yang rendah dapat mempermudah perawatan atau pengontrolan pada *floating switch*. Selanjutnya air dialirkan ke konsumen dengan bantuan pompa pendorong.



Gambar 2. Layout pompa dan sistem kontrol

2.1. Tangki Air

Untuk dapat memilih/menentukan tangki air, harus diketahui terlebih dahulu kebutuhan air pada rumah tangga bersangkutan. Kebutuhan air yang sudah distandarkan oleh departemen pekerjaan umum, untuk rumah tinggal kelompok menengah (perumahan biasa) kebutuhan air bersihnya sebesar 180 liter/hari/orang, serta rumah tinggal kelompok mewah (*real estate*) kebutuhan air bersihnya sebesar 250 liter/hari/orang [4].

Setelah diketahui kebutuhan air, selanjutnya dapat ditentukan tempat penampung air yang biasa disebut tond atau bak air yang bahannya bermacam-macam, misalnya dari bahan *fiber glass*, *stainless steel*, atau dari konstruksi beton.

2.2. Pompa Sumur Bor

Secara umum, sumur bor terbagi menjadi dua jenis yaitu sumur bor dalam dan sumur bor dangkal. Jika kedalaman sebuah sumur lebih dari 10 meter, berarti sumur tersebut masuk ke dalam kategori sumur dalam. Jenis pompa untuk sumur bor dalam adalah *jet pump* yang memiliki batas maksimum daya hisap hingga kedalaman 60 meter. Pompa ini biasanya memerlukan daya listrik cukup besar karena menggunakan motor elektrik dengan *power* yang juga relatif lebih besar daripada pompa sumur dangkal. Selain *jet pump*, pompa *submersible* juga dapat digunakan untuk sumur bor. Pompa *submersible* juga disebut sebagai pompa air benam, yaitu pompa yang dioperasikan di dalam air. Pompa *submersible* tidak memiliki daya hisap, namun memiliki daya dorong yang mampu dicapai sesuai *power* mesin terhadap debit air yang dibutuhkan pengguna. Sistem kerjanya sangat berbeda dengan pompa jet, dimana pompa jet bekerja dengan menghisap air sedangkan pompa *submersible* dengan mendorong air. Kapasitas pompa adalah banyaknya cairan yang dapat dipindahkan oleh

pompa setiap satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan volume per satuan waktu, seperti : m³/jam [5]. Head pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang [5]. Untuk pompa *submersible*, perhitungan *Head* total menggunakan Persamaan (1 – 3) dan daya pompa menggunakan Persamaan (4).

$$H_t = H_s + H_f \tag{1}$$

$$H_f = P \times f \tag{2}$$

$$P = PP + P_e \tag{3}$$

dengan

- H_t : head pompa total (68,11 m)
- H_f : 62,68 m
- PP : panjang pipa (63,38 m)
- P_e : panjang ekuivalen *fitting* dengan 2 buah *elbow* (4,2 m)
- f : friksi (0,08 m/m)

$$P = \frac{QH\rho}{367\eta} \text{ kW} = \frac{QH\rho}{270\eta} \text{ HP} \tag{4}$$

dengan

- P = Daya (W atau HP)
- Q = Debit atau kapasitas aliran (m³/jam)
- H = Total *head* pompa
- ρ = berat jenis fluida (kg/m³)
- η = Efisiensi (%)
- 367 = Faktor konversi satuan daya
- 270 = Faktor konversi satuan daya

2.3. Pompa Pendorong

Pompa pendorong biasa disebut *booster pump* adalah suatu alat yang juga masih dalam istilah pompa air namun kegunaannya hanya sebatas untuk mendorong saja dan tidak mempunyai kapasitas daya hisap seperti umumnya pompa air yang lainnya. *Booster pump* biasanya digunakan untuk membantu mendorong pendistribusian dari *tower water tank* kedalam pembagian ke masing-masing tempat, maka air yang mengalir tidak hanya mengandalkan sistem gravitasi bumi saja. Instalasi pipa air yang menggunakan bantuan mesin pendorong *booster pump* membuat semburan air menjadi kuat sehingga alat ini cocok dipasang pada kamar mandi yang memiliki *water shower*.

2.4. Rangkaian Sistem Kontrol Pompa

Rangkaian sistem kontrol yang dimaksud disini adalah rangkaian kelistrikan yang mencakup tentang bagaimana kerja pompa diatur pada sistem air bersih,

baik dengan pompa *submersible* maupun pompa pendorongnya. Komponen kontrol dan peralatan pengaman diletakkan dalam satu panel listrik yang berdekatan dengan lokasi pompa untuk mempermudah proses penginstalan. Adapun komponen utama yang digunakan dalam sistem kontrol pompa ini yaitu *Relay magnetic contactor*, dan *floating switch*.

Relay magnetic contactor adalah alat yang dioperasikan dengan listrik yang secara mekanis mengontrol penghubungan rangkaian listrik. Alat ini ditunjukkan pada Gambar 3. *Relay* merupakan bagian yang penting dari banyak sistem kontrol, bermanfaat untuk kontrol jarak jauh dan pengontrolan alat tegangan dan arus tinggi dengan sinyal kontrol tegangan dan arus rendah [6].

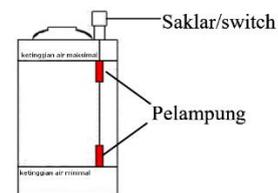


Gambar 3. Relay magnetic contactor

Floating Switch adalah saklar kontrol ketinggian air atau sering disebut *WLC (water level control)*. Penggunaan saklar otomatis untuk mesin air adalah sangat diperlukan karena dengan dipasangnya pompa otomatis, maka tangki/ tandon air akan selalu terisi penuh. Selain itu, tangki akan terhindar dari kemungkinan melubernya air. *Floating switch* dan komponen ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Floating switch



Gambar 5. Komponen *floating switch*

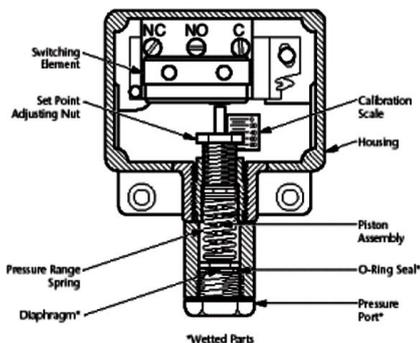
Apabila kedua pelampung dalam keadaan tergantung atau posisi air pada tangki di bawah kedua pelampung, hal ini menyebabkan tertariknya tuas saklar yang berada di atasnya dan menyebabkan kontak NO dari saklar akan menutup serta kontak NC akan membuka. Bila posisi air merendam pelampung bawah posisi saklar belum berubah, tetapi posisi

saklar akan berubah setelah air dalam tangki merendam pelampung atas.

Flow switch atau *water flow switch* adalah saklar otomatis pompa air yang bekerja karena adanya dorongan air saat keran dibuka. Air dari tangki/sumber akan mendorong lidah sensor pada *flow switch* dan menyambungkan pompa dengan sumber listrik dan pompa hidup. Pada Gambar 6 dan 7 ditunjukkan bentuk fisik dan komponen *flow switch*.



Gambar 6. Bentuk fisik *flow switch*



Gambar 7. Komponen *flow switch*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyediaan prasarana air bersih ini direncanakan untuk rumah tinggal menengah dengan jumlah penghuni 5 (lima) orang. Sumur bor telah tersedia dengan kedalaman 60 m dan diameter 4 dim.

3.1. Perhitungan kebutuhan air dan pemilihan Tangki

Rumah menengah memerlukan 180 liter air per orang setiap hari. Dengan demikian, untuk 5 orang diperlukan 900 liter setiap hari. Pemilihan kapasitas penampung air /tangki disesuaikan dengan kapasitas tangki yang tersedia dipasaran yaitu tangki dengan kapasitas 1000 liter seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Tangki air kapasitas 1000 liter

3.2. Pemilihan Pompa Sumur

Pompa sumur yang dipilih adalah pompa sumur dalam yaitu pompa *submersible*. Waktu pengisian tangki ditentukan selama 20 menit. Sehingga kapasitas pompa sebesar 900 liter per 20 menit atau 45 liter per menit atau 2,7 m³ per jam.

Head pompa yang diperlukan dihitung dengan Persamaan (1-3) sehingga diperoleh hasil sebesar 68,11 m dengan parameter berikut:

$$\begin{aligned} H_f &: (62,68 \text{ m}) \\ PP &: 63,38 \text{ m} \\ P_e &: 4,2 \text{ m} \\ f &: 0,08 \text{ m/m} \end{aligned}$$

Perhitungan daya pompa dihitung menggunakan Persamaan (4) dan menghasilkan daya dalam W atau HP sebesar:

$$P = \frac{2,7 \times 68,11 \times 1}{367 \times 75\%} = 668 \text{ W}$$

$$P = \frac{2,7 \times 68,11 \times 1}{270 \times 75\%} = 0,91 \text{ HP}$$

Dari hasil perhitungan diatas, pemilihan pompa dilakukan dengan melihat debit aliran pompa, total *head* dan rugi-rugi tekanan akibat panjang pipa dan fitting. Dengan demikian, maka dipilih pompa Shimizu SS 418 BIT dengan spesifikasi:

Daya (kW) : 0.75
I (Ampere) : 6.2
Tegangan : 220V~50Hz 1Ø (1 fase)
Daya Dorong : 107 meter (max)
Total *Head* : 107 meter
Debit Air : 2,4 m³/jam pada *head* 60 meter
Outlet : 1 1/4 inch

3.3. Pemilihan Pompa Pendorong

Pompa pendorong/*booster* ini dirancang khusus untuk membantu meningkatkan tekanan yang kurang pada titik-titik air (keran) pada rumah tinggal. Pompa yang dipilih adalah pompa sumur dangkal. Saat keran dibuka, maka ada aliran air yang masuk ke pompa sumur dangkal serta mendorong *flow switch* dan langsung mendorong air untuk didistribusikan ke titik kefron dalam rumah. Pompa tersebut adalah Gambar 9 dengan spesifikasi pompa sumur dangkal kategori non auto sebagai berikut:

Voltage/Hz : 220/50
Daya Output Motor : 125 W
Daya Input Motor : 0.3 kW
Panjang pipa hisap : 9 m
Daya dorong max. : 33 m
Head (m) : 10
Kapasitas : 18 l/min

Head (m) : 20
 Kapasitas : 10 l/min
 Pipa hisap : 1 inch
 Pipa tekan : -
 Pipa dorong : 1 inch



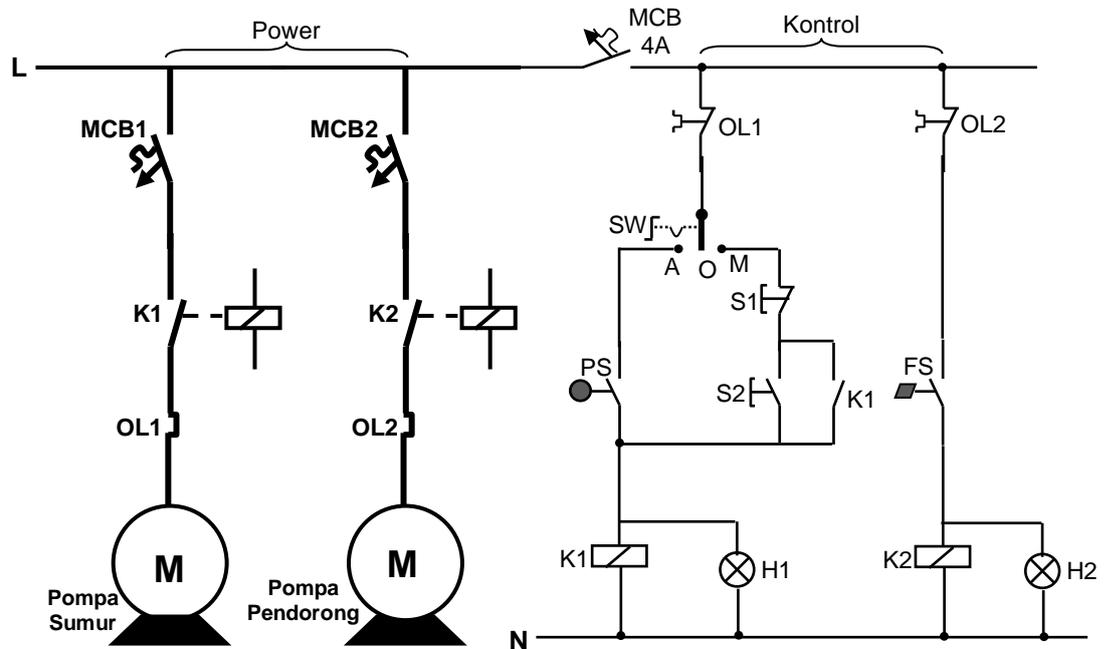
Gambar 9. Pompa pendorong

kosong sehingga pompa sumur akan bekerja secara otomatis mengisi tangki air sampai ketinggian air mencapai pelampung *floating switch* atas. Selanjutnya air pada tangki akan berkurang karena pemakaian sampai di bawah pelampung *floating switch* bawah. Pompa akan mengisi lagi sampai pelampung atas dan demikian seterusnya sehingga air pada tangki tak akan pernah habis (tangki kosong) dan tidak pernah melewati pelampung atas (meluber).

Pompa pendorong bekerja secara otomatis mendorong air yang mengalir dari tangki menuju titik air dimana keran dibuka, misal kamar mandi, dapur, menyiram tanaman dan lain-lain. Diagram rangkaian ditunjukkan pada Gambar 10.

3.4. Rangkaian Kontrol Kerja Pompa

Setelah ditentukan pompa yang akan dipakai, selanjutnya dibuat gambar rangkaian kontrol sistem kerja pompa. Deskripsi kerja pompa terlihat seperti Gambar 10. Pada kondisi awal, tangki dalam keadaan



Gambar 10. Rangkaian daya pompa dan sistem kontrol kerja pompa

Keterangan:

- SW : Selector switch
- S1 : Tombol off
- S2 : Tombol on
- PS : Floating switch
- FS : Flow switch
- OL1 : Over load relay
- OL2 : Over load relay
- K1 : Magnetic contactor
- K2 : Magnetic contactor

Pompa sumur dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis dengan memposisikan *selector switch* ke posisi M (manual) atau posisi A (otomatis). Pada posisi manual, pompa dihidupkan dengan

menekan S2, sehingga K1 pada kondisi *on* dan pompa bekerja, ditandai dengan menyalnya lampu indikator H1. Untuk mematikan pompa dilakukan dengan menekan S1, sehingga aliran arus yang menuju ke K1

terputus, K1 pada kondisi *off* dan pompa berhenti bekerja. Pada posisi otomatis, pompa bekerja secara otomatis bila posisi air di bawah pelampung bawah. Kontak *floating switch* menutup dan K1 pada kondisi *on* menghubungkan pompa dengan *line*. Saat air mencapai pelampung atas, kontak *floating switch* akan terbuka, K1 pada kondisi *off* dan pompa *off*. Jadi, dengan memposisikan SW pada posisi Automatis (A), maka pompa akan *on* setiap air berada di bawah pelampung bawah, dan *off* saat air mencapai pelampung atas.

Pompa pendorong bekerja secara otomatis bila keran dibuka sehingga ada aliran air yang mendorong lidah sensor *flow switch* dan kontakannya menutup untuk menghidupkan K2 dan menyebabkan pompa pendorong bekerja. Jika tidak ada aliran air, maka kontak *flow switch* akan terbuka sehingga pompa tidak bekerja.

Dari diagram *power* pompa terlihat bahwa ada dua jenis pengaman yang dipergunakan, yakni *miniature circuit breaker* (MCB) sebagai pengaman hubung singkat, dan *over load relay* (OL) sebagai pengaman beban lebih. Rangkaian kontrol juga menggunakan *magnetic kontaktor* (K1 & K2). *Rating* pengaman maupun komponen utama ditentukan berdasarkan besar arus nominal motor pompa.

Untuk pompa sumur dengan arus nominal pompa 6,2 Ampere, maka *rating* pengaman beban lebih (*over load*) menurut ketentuan PUIL 2000 yaitu $110 - 115\% I_N$ [7]. Dengan demikian *rating* OL1 pada rangkaian power (Gambar 9) adalah minimal sebesar $110\% \times 6,2 = 6,82$ Ampere dan maksimal sebesar $115\% \times 6,2 = 7,13$ Ampere. *Rating* pengaman hubung singkat (MCB) pada rangkaian power diatas sesuai ketentuan PUIL 2000, pada rangkaian motor dengan *rating* OL ≤ 10 Ampere, *rating* pengaman hubung singkatnya adalah sebesar 20 Ampere (tipe lambat). Kemampuan Hantar Arus (KHA) penghantar untuk rangkaian motor $\geq 125\% I_N$ untuk rangkaian di atas adalah sebesar $125\% \times 6,2 = 7,75$ A. Dengan demikian, dipilih penghantar dengan KHA sebesar 16 Ampere dan *rating magnetic relay* K1 sebesar 10 Ampere, sesuai dengan KHA penghantar.

Untuk pompa pendorong, arus nominalnya dihitung menggunakan Persamaan (5)

$$I_N = \frac{P}{V \cos \varphi} \quad (5)$$

$$I_N = \frac{300 W}{220 \times 0,8} = 1,7 A$$

Sehingga arus nominal motor sebesar 1,7 Ampere. *Rating* pengaman beban lebih (*over load*) OL1 pada rangkaian power minimal sebesar $110\% \times 1,7 = 1,9$ Ampere dan maksimal sebesar $115\% \times 1,7 = 2$ Ampere. *Rating* pengaman hubung singkat (MCB2) pada rangkaian motor dengan *rating* OL ≤ 6 Ampere adalah sebesar 16 Ampere. KHA (Kemampuan Hantar Arus) untuk rangkaian

motor $\geq 125\% I_N$, yakni sebesar 1,9 A. Dengan demikian untuk instalasi motor listrik dipilih penghantar dengan KHA paling kecil 16 Ampere dan *rating magnetic relay* K2 sebesar 10 Ampere.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas, dapat disimpulkan beberapa hal yakni:

1. Untuk menentukan kapasitas tangki air yang akan dipergunakan, harus diketahui kebutuhan air per orang per hari, kemudian dikalikan dengan jumlah orang (penghuni) pada rumah tersebut.
2. Untuk menentukan daya motor pompa sumur terlebih dahulu harus ditentukan kapasitas pompa, *head* pompa dan mengetahui efisiensi pompa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada staf Laboratorium Mesin Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali serta editor dan reviewer Jurnal Matrix atas bantuan dan dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tyas, A. A., Suhartanto, E. & Dermawan, V. (2015). *Studi perencanaan sistem penyediaan air bersih Desa Serang Kecamatan Panggunrejo Kabupaten Blitar*. Malang: Jurusan Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya.
- [2] Yahya, F. (2016). Analisis kualitas air bersih di Desa Fatufia Kecamatan Bahodopi Kabupaten Morowali. *Geo Tadulako*, 3(6).
- [3] Artayana, K. C. B. & Atmaja, G. I. (2010). Perencanaan instalasi air bersih dan air kotor pada bangunan gedung dengan menggunakan sistem pompa. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 4(1).
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2005). *Tata cara perencanaan sistem plambing*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5] Tukiman, P. S. & Satmoko, A. (2013). Perhitungan dan pemilihan pompa pada instalasi pengolahan air bebas mineral iradiator gamma kapasitas 200 Kci. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Perekayasa Perangkat Nuklir, PRPN-BATAN*, 14.
- [6] Rasmini, N. W. & Parti, I. K. (2017). Perencanaan daya dan sistem kontrol motor pompa kolam renang. *Logic*, 15(171).
- [7] Badan Standarisasi Nasional. (2000). *Persyaratan umum instalasi listrik 2000*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.